

6 ■ ÎNREGISTRATOARE SI DISPOZITIVE DE AFISARE

În procesul de masurare, aparatul de masurat utilizat furnizeaza la iesirea sa – dupa un lant de conversii – un semnal metrologic X_m care depinde de marimea X supusa masurarii prin relatia $X_m = KX$, unde K este functia de transfer a aparatului

de masurat ($K = \prod_{i=1}^n K_i$, aici K_i fiind functiile de transfer ale celor n convertoare

în cascada pe care – eventual – le contine aparatul). Pentru valorificarea (interpretarea, cunoasterea etc.) a valorii marimii X analizate, aparatul de masurat este dotat “în final” cu un dispozitiv calibrat (etalonat) fata de o unitate de masura X_u a marimii X , dispozitiv care trebuie sa “emita” un semnal final $X_p = KX_m = K'KX = K_R X_u$, care este un *semnal informational perceptibil* observatorului (celui ce executa masurarea), K_R fiind chiar valoarea reala (în unitati de masura X_u) care se asociaza marimii initiale X . De fapt, semnalul X_p indica – într-o forma accesibila (perceptibila) observatorului – valoarea reala K_R a marimii masurate (ca unitate de masura, procedura si mijloacele utilizate).

Dispozitivul de valorificare a rezultatului masurarii si marimea informationala perceptibila X_p depind de “felul” observatorului (uman sau “masina”) si de modul cum se utilizeaza si se interpreteaza “informatia” (valoarea masurata a lui X), adica “citire” imediata, citire cu memorare, numai memorare, transpunere pe un suport cu pastrare îndelungata si interpretare directa, memorare si stocare (în fisiere), memorare cu decizie si actiune (ca în cazul sistemelor automate de reglare, cu bucla de reactie), memorare si protocolare, monitorizare etc. În functie de toate aceste elemente, exista mai multe modalitati de “redare” a rezultatului unei masurari:

- *indicarea analogica vizuala*, de exemplu printr-un ac sau spot luminos indicator, pe un cadran (scala) sau ecran luminos calibrate în X_u , situatie în care X_p este un unghi α sau o deplasare liniara (d, h, s etc.). Acesta este cazul cunoscutelor **instrumente indicatoare** (stiute de la lucrarile de laborator efectuate la cursul “Bazele electrotehnicii” si deci, aici, nu vor fi prezentate) si **tubul catodic** (care a fost analizat – în detaliu – la capitolul 5, la “Osciloscopul catodic”);

- *sisteme de afisare numerica*, cu indicare numerica sau alfanumerica, mecanice (prin **mecanisme totalizatoare** cu transfer zecimal, asa ca la contoarele de energie electrica de inductie, cunoscute de la laboratorul de “Bazele electrotehnicii”) sau luminoase (prin **dispozitive electronice de afisaj luminos**, care vor fi prezentate în primul subcapitol ce va urma);

- *sisteme de înregistrare, trasare* prin care se înscriu sau se deseneaza (prin diverse grafice), pe un suport tehnic (hârtie, film fotografic etc.), rezultatele

masurarilor, numite generic **înregistratoare** (analogice sau numerice – de tip “digital plotter”), care vor fi prezentate în subcapitolul 6.2;

- *sisteme de reglare automata*, de comanda – control sau de avertizare, care nu fac obiectul acestui manual (ele vor fi studiate la cursul “Sisteme automate de masurat si control”);

- *memorare în echipamentele sistemelor de calcul automat*, urmate de prelucrare si redare pe “display”, stocare (în fisiere) cu protocolare si monitorizare. Câteva elemente privind **valorificarea asistata de calculator a masurarilor** vor fi prezentate în capitolul 15.

6.1. SISTEME DE AFISARE

Afisarea numerica a rezultatelor masurarii are ca avantaje: posibilitatea citirii de la distanta si înlaturarea erorilor subiective de citire (astfel, eroarea de paralaxa, posibilă la indicatoarele analogice, aici nu exista).

Un sistem de afisare numerica “ideal” ar fi acela care ar raspunde – simultan si integral – urmatoarelor cerinte:

- durata de viata nelimitata, ceea ce ar însemna cca. 100 000 ore de functionare (deci vreo 10 ani, adica o durata de viata mai mare decât durata uzurii fizice si morale a unui aparat numeric, stiind ca, în prezent, tipurile constructive si – mai ales – “comerciale” se reînnoiesc o data la doi ani);

- consum (de putere) cât mai redus, pentru a asigura necesitatea de alimentare autonoma a aparatelor de masurat;

- tensiuni de alimentare si de lucru compatibile (corespunzatoare) circuitelor integrate si logicii numerice standard;

- functionarea în conditii grele de solicitari de natura mecanica (vibratii, socuri s.a.);

- functionarea în limite cât mai largi de temperatura (de la – 55°C la + 125°C) si în medii cu radiatii intense;

- un raport pret de cost/performante rezonabil (mic).

Dintre cele câteva sisteme care au încercat sa se apropie cât mai mult de acest “model” ideal, cele care s-au impus în prezent, fiind acum aproape în mod egal utilizate, sunt afisajele cu *LED* si cu cristale lichide.

6.1.1. Sistemul de afisare cu diode electroluminescente

Diodele electroluminescente, cunoscute mai mult sub denumirea abreviata de *LED* (de la “*Light Emiting Diodes*”), sunt dispozitive semiconductoare cu jonctiune *p-n*, care emit radiatii în spectrul vizibil atunci când sunt polarizate direct. În acest fel, *LED*-ul este imun la solicitarile mecanice obisnuite (socuri, vibratii etc.).

Caracterele, prin care se face afisajul, sunt asezate într-un singur plan, realizările practice fiind fie cu 7 segmente (pentru afisarea cifrelor 0, ..., 9 si a literelor A, b, c, d, E, F, H, I, J, L, P, S, U), fie cu o matrice de “puncte” (circulare sau patratică) de 5×7 sau 4×7 elemente pentru orice afisare alfanumerică).

Conectarea diodelor electroluminescente în cazul afisării cu 7 segmente se face cu anodul sau catodul comun, iar comanda de la decodor se aplica la catozi – respectiv – la anodi. În cazul matricelor se realizează conectarea pe coordonate (coloane si rânduri) unde sunt legati împreună anodii de pe o coloana si – respectiv – catozii diodelor de pe un rând. La aceasta dispunere se reduce numărul conductorilor din elementul de afisare, cu reversul ei – complicarea decodurului de comanda, ceea ce – pe ansamblu – apare avantajos.

Performantele tipice ale sistemului de afisare cu elemente *LED* sunt următoarele:

- compatibilitatea cu circuitele integrate *TTL* si *COS – MOS*;
- functionare stabila în domeniul de temperatura $0-70^{\circ}\text{C}$ si – pentru anumite tipuri – în limitele -55°C la 100°C ;
- durata de viață mai mare decât 100 000 ore;
- înălțimea caracterelor 2,5 la 15 mm, pentru care se ajunge la un consum mediu de 60 la 280 mW/caracter (cu toate segmentele polarizate, adică 7);
- culoarea luminii emise: rosie (pentru citirile mai rar efectuate de același operator, pentru indicarea valorilor de atenție sau pentru citirea de la o distanță mai mare), verde (cea mai convenabilă pentru ochi, deci necesară în citirile repetate si îndelung privite) sau galben (pentru citirile în spațiile mai întunecoase). Cromatica radiațiilor emise de un *LED* în spectrul vizibil depinde, prin lungimea sa de undă, de raportul dintre numărul impurităților donoare, (de exemplu de arsen – As) si numărul celor acceptoare (de exemplu de galiu – Ga) din jonctiunea *p-n*.

6.1.2. Sistemul de afisare cu cristale lichide

Cristalele lichide, prin starea lor mezomorfică (v. [3]), asigură posibilitatea afisajului pe ecrane cu date multiple, cu consum mic de putere (zeci de μW) potrivit pentru aparatele electronice de masurat portabile.

Sistemele de afisare cu cristale lichide pot fi realizate în două moduri de functionare: prin transmisie sau prin reflectie (cel mai răspândit), în ambele cazuri cristalul lichid fiind închis ermetic între doi electrozi (suport), cu o structură de forma celei din figura 6.1 (o schiță a unei celule de afisaj de bază).

În cazul functionării prin transmisie, ambii electrozi sunt transparenti si lumina unei surse auxiliare patrunde dinspre electrodul posterior, perpendicular pe direcția de observare. La functionarea prin reflexie (cazul din figura 6.1), cea mai răspândită în prezent, electrodul posterior este opac si reflectă lumina care vine dinspre observator. Aici, vizualizarea se face prin utilizarea efectului difuzării dinamice a luminii, cu celule de bază ca cea din figura 6.1, care este formată din două plăci – suport transparente, între care se găsește cristalul lichid (în stare

mezomorfica) si de care – pe fetele interioare – sunt fixati electrozii conductori (din oxizi de staniu): unul transparent (pe fata anterioara) si altii opaci (pe partea posterioara). Acesti electrozi conductori sunt în contact direct cu cristallul lichid. În absenta diferentei de potential între electrozi, un fascicul de lumina care patrunde în celula prin electrodul transparent frontal (din fata) va fi difuzat înapoi (spre observator) într-un con fascicular cu un unghi mic ($5-15^\circ$). Daca se aplica o diferenta de potential (continua sau de joasa frecventa) de câtiva volti, atunci peste un anumit prag ($5-7\text{ V}$) lumina va fi difuzata puternic în fata într-un con fascicular de $60-80^\circ$ (unghi la vârful). Astfel: daca între electrozii celulei tensiunea este $U = 0$, difuzia nu apare si celula va fi neagra (pe suprafata electrozilor); pentru $U > (5-7\text{ V})$ difuzia luminii va fi puternica înainte si celula va apare alba.

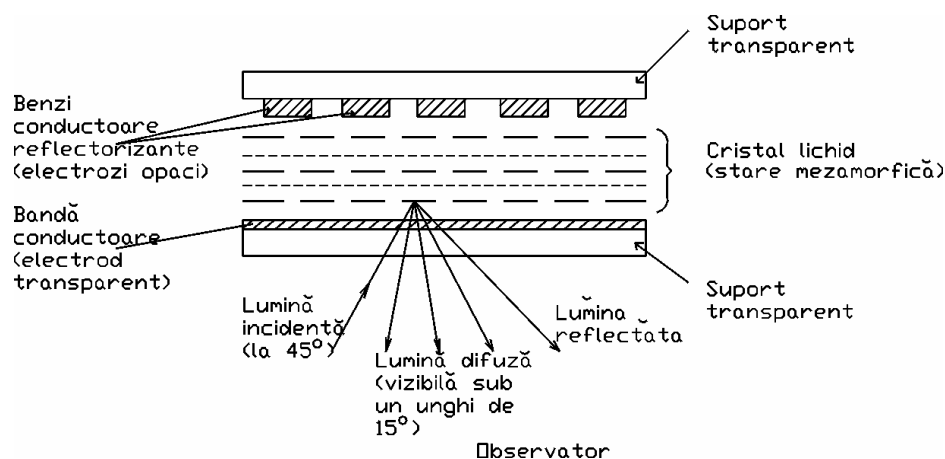


Fig. 6.1

În acest fel, alegând electrozii sub forma celor din figura 6.2, adică unul plan-general (zis “substrat”) si alții în forma unor benzi (7 benzi așezate “în opt”), se realizează o celulă de afisaj alfanumeric care – din punctul de vedere electric – are schema echivalentă din figura 6.2.

Parametrii tipici afisajului cu cristale lichide sunt:

- consum foarte mic de putere ($350\text{ }\mu\text{W}$ pentru o celulă cu 7 segmente/electrozi – toate activate, la o înălțime a caracterului de cca. 20 mm);
- compatibilitatea cu circuitele COS – MOS;
- funcționare în curent alternativ de joasă frecvență (alimentarea în curent continuu având neajunsul scurtării duratei de viață);
- domeniu de temperatură, în funcționarea normală, restrâns (de $0-60^\circ\text{C}$);
- durată de viață redusă (cca. 10 000 ore);
- timp de răspuns relativ mare (de cca. 10 ms);
- prețul de cost, mai ales la producțiile de mare serie (peste 100 000 bucăți), este foarte mic;
- citirea de la distanță este mai dificilă.

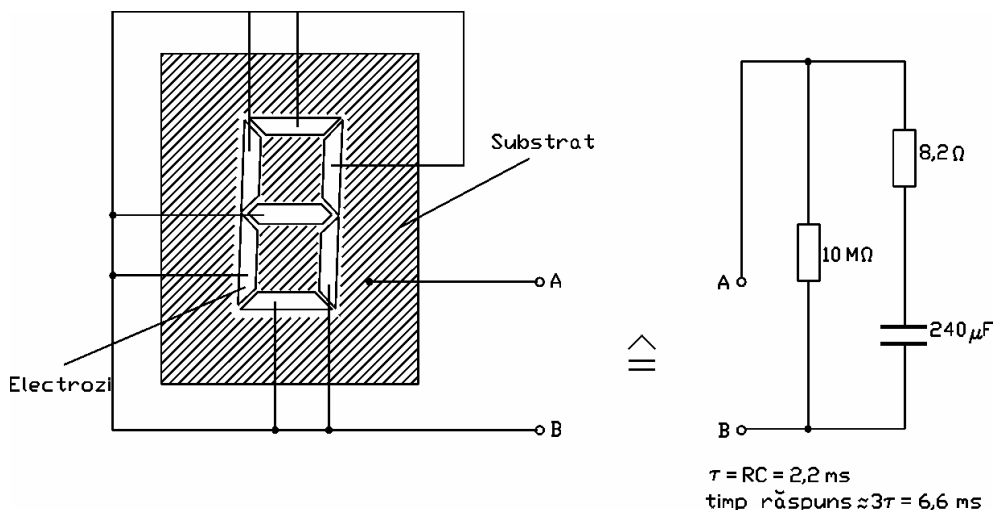


Fig. 6.2

6.1.3. Decodare de comanda a afisajului

Pentru extragerea datelor binar-zecimal din numaratoarele binare si afisarea lor în forma zecimala, se utilizeaza un decodor de comanda. În functie de forma caracterelor afisate, rezulta trei tipuri principale de decodare si anume:

- decodare pentru comanda iluminarii directe a caracterelor zecimale, prin codul 1 din 10;
- decodare pentru comanda iluminarii unor segmente, din combinarea carora rezulta caractere zecimale;
- decodare pentru comanda iluminarii unor puncte, în cazul reprezentarii prin matrice alfanumerice.

Tipul decodarelor sunt determinate si de valbrile tensiunilor si curentilor pentru comanda diferitelor sisteme de afisaj. Astfel:

- pentru comanda sistemelor de afisaj cu *LED*-uri, conditia principala impusa decodorului este asigurarea curentului de iesire pentru polarizarea segmentelor, valorile uzuale fiind de 2 la 20 mA. În cazul circuitelor *TTL* (“Tranzistor Tranzistor Logic”), aceasta nu constituie o problema. Deoarece valorile tensiunii directe pe un segment electroluminescent este de 1,6 la 3,4 V, se impune conectarea unei rezistente serie, la decodarele cu circuit de iesire “colector deschis”, pentru compatibilitatea cu tensiunea de alimentare de 5 V a circuitelor *TTL*. Decodarele *COS – MOS* (circuite logice complementare) pot comanda sisteme de afisare cu *LED*-uri: direct, în cazul celor cu un curent de lucru de 5 mA sau prin intermediul unor amplificatoare de curent, în cazul unui curent mai ridicat. În prezent, se realizeaza circuite integrate monolitice care includ atât sistemul de afisare *LED*, cât si celelalte blocuri: circuite de numarare, memoria, decodorul etc. Decodorul însusi cuprinde: circuitul pentru “stingerea” zerourilor nesemnificative, controlul

integritatii dispozitivelor de afisare si circuitele de comanda automata a stralucirii (un generator de semnale dreptunghiulare cu factor de umplere T_1/T – durata/perioada – variabil automat în functie de iluminarea existenta în mediul ambiant);

– pentru comanda sistemelor de afisaj cu cristale lichide se folosesc decodoarele cu circuite $COS - MOS$, care asigura minimizarea consumului de putere. Comanda cristalelor lichide impune un artificiu de schema în vederea activizarii segmentelor cu o tensiune alternativa (de la o sursa auxiliara) si a producerii unei tensiuni nule pe segmentele ce formeaza caracterul. Sistemul de afisare cu cristale lichide nu se preteaza la comanda prin multiplexare, datorita faptului ca nu exista un prag bine definit (delimitat) de blocare si ca la aceste sisteme timpul de rapuns are o valoare relativ mare.

6.2. ÎNREGISTRATOARE

Înregistratorul este denumirea simplificata data **aparaturii de masurat înregistrator** care realizeaza înscrierea (transpunerea) rezultatelor masurarii pe un suport fizic (tehnic), în scopul de a permite observatorului sa examineze ulterior si sa evalueze “negrabit” aceste rezultate, sau sa ateste (certifice) printr-un “înscriș” (document) performantele unui sistem care a fost obiectul masurarilor. Înregistrarea poate fi facuta în timp real sau “on-line” (adica simultan cu prelevarea marimii si masurarea ei de catre aparat) sau realizata dupa terminarea masurarilor sau “off-line” (caz în care aparatul de masurat are atasat si o memorie sau este conectat la un microprocesor, calculator etc.).

Înregistrarea este necesara în situatii speciale ca: masurarea unor marimi variabile în timp – aparatul numindu-se înregistrator $Y-t$; masurarea unor marimi care depind una de cealalta (ca înregistratoare denumite $X-Y$); masurarea simultana a mai multor marimi (care se cer analizate simultan); analiza spectrala sau corelationala a semnalelor; ridicarea caracteristicilor unor dispozitive electronice, convertoare, blocuri electronice etc.; masurari statistice; protocolare, monitorizare s.a.

6.2.1. Parametrii de performanta ai înregistratoarelor

Existând o varietate mare de înregistratoare, care difera prin modul si principiul de functionare, prin caracteristici si performante, este necesar – pentru utilizator – sa aiba o procedura de alegere a înregistratorului cel mai potrivit unei anume aplicatii. Aceasta procedura consta în analiza comparativa a urmatoarelor parametrii de performanta ce se definesc pentru înregistratoare:

– *gama dinamica*, care reprezinta raportul dintre valoarea maxima a semnalului (care poate fi înregistrata pe un canal) si valoarea minima care poate fi detectata;

– *precizia de masurare* (a amplitudinii) exprimata prin diferenta dintre valoarea înregistrata si valoarea reala a semnalului aplicat înregistratorului, raportata la intervalul de masurare si exprimata în procente;

- *largimea de banda*, care reprezinta intervalul de frecventa în care eroarea de înregistrare nu depaseste o anumita valoare (adesea : $\pm 5\%$ sau ± 3 dB). La majoritatea înregistratoarelor limita inferioara a benzii este de 0 Hz ;
- *numarul de canale de înregistrare*, adica numarul de semnale (marimi) care pot fi înregistrare simultan;
- *suportul material* (tehnice) al înregistrării (adica hârtie, film, hârtie fotosensibilă, banda magnetica, disc magnetic etc.);
- *incrementul sau rezolutia*, care – la înregistratoarele numerice (de tip “Incremental Digital Plotter”) reprezinta numarul de puncte care pot fi identificate (distinse) separat si adresate pe o directie data;
- *marimea si forma suportului* pe care se face înregistrarea (dreptunghiulară – de format A4, A3, ..., A0 etc. –, cilindrica, rotunda s.a.).

6.2.2. Tipuri de înregistratoare

Înregistratoarele sunt de doua mari tipuri: analogice si numerice, care vor fi analizate separat mai încolo.

Înregistratoarele numerice sunt cunoscute azi sub numele generic de *plotter* (de la “Incremental Digital Plotter”); ele realizeaza graficele (curbe, desene, scheme etc.) prin mici deplasari (“incremente”), în 4 sau 8 directii de la un punct la altul, de mici dimensiuni (0,2-0,5 mm), care în succesiunea lor aproximeaza curba reala ce trebuie trasata.

Înregistratoarele analogice, care traseaza continuu liniile graficelor (curbelor), sunt de trei categorii diferite: *servoînregistratoare*, *înregistratoare galvanometrice*, si *înregistratoare magnetice* (ultimele doua fiind, azi, practic scoase din uz, performantele lor fiind ramase în urma fata de cele ale plotterelor, care sunt asociate si unui microprocesor).

6.2.2.1. Servoînregistratoare

Servoînregistratoarele sunt înregistratoare analogice de tip cu comparator (potentiometru) cu echilibrare automata (v. fig. 6.4) printr-un servomotor. Ele sunt, în general, folosite pentru înregistrarea semnalelor lent variabile în timp, în acest caz numindu-se înregistratoare (trasoare) *Y-t*, adica a variatiei unei marimi (*Y*) în functie de timp (*t*). Exista si înregistratoare (servoînregistratoare) de tip asa-zis *Y-X*, care traseaza curba de variatie a unei marimi (*Y*) în functie de alta marime (*X*) (de exemplu graficul dependentei unei tensiuni electromotoare la bornele unui cuplu termoelectric în functie de temperatura punctului sudat).

Principalele performante realizate, azi, de servoînregistratoare au urmatoarele valori (mijlocii): gama dinamica 1000/1; precizia 0,05 %; largimea de banda 0 la 10 Hz; numar de canale 3.

Înregistrarea se poate face în orice sistem de coordonate plan dorit, asa cum sunt sistemele: cartezian, curbiliniu, cilindric sau polar. Înregistratoarele *Y-t* se

realizeaza, dupa caz, în oricare dintre aceste sisteme, axa timpului fiind obtinuta prin deplasarea rectilinie, cu un sistem de orologerie, a hârtiei (la sistemele cartezian si curbiliniu), sau prin rotire a cilindrului de hârtie în jurul axului sau (sistemul cilindric) ori a discului de hârtie în jurul centrului diagramei (sistemul polar), tot cu niste mecanisme de ceasornic. La înregistratoarele $Y-X$ se folosesc, practic, numai coordonate carteziene.

Sistemele de imprimare. Pentru imprimarea (scrierea/desenarea) pe hârtie de înregistrare a marimii masurate se folosesc numeroase procedee, cele mai raspândite fiind:

- scrierea cu “penita si cerneala”. Cerneala (de diferite culori) este înmagazinata într-un rezervor sau într-un cartus (ce contine de fapt un tus – “toner”) si alimenteaza o penita (plasata pe un suport elastic) cu un vârful capilar sau unele fibre din material plastic;
- imprimarea electrica (electrostatica, electrolitica, electrotermica) pe o hârtie cu anumite calitati speciale (de tip XEROX);
- imprimarea cu jet de cerneala (v. fig. 6.13);
- imprimarea termica, pe o hârtie termosensitiva (v. fig. 6.12);
- imprimarea matriceala (cu o matrice de “ciocanele” si o banda tusata – “ribon”, care poate fi de diverse culori (v. fig. 6.10 si 6.11);
- imprimarea pe hârtie fotografica cu ajutorul unor radiatii ultraviolete (date de o lampa cu vapori de mercur), hârtia fiind de tip special (sensibila la radiatiile ultraviolete, insensibila la lumina si care nu necesita dezvoltare chimica);
- imprimare de tip laser.

Înregistratoare $Y-t$. Sunt dispozitive de masurat care înregistreaza (traseaza, de obicei, pe hârtie) forma de variatie în timp a unei marimi oarecare Y (de cele mai multe ori tensiuni electrice, pentru alte marimi utilizându-se, la intrare, un convertor Y -tensiune). Cel mai adesea, hârtia pe care se face trasarea are forma de banda si se gaseste strânsa într-un rulou de pe care este derulata printr-o deplasare cu viteza mare si înfasurata (apoi) pe un alt rulou (v. fig. 6.4); acestea sunt denumite adesea, pe scurt, *înregistratoare cu banda*.

Exista si *înregistratoare* (trasoare) $Y-t$ plane, asa cum este cel schitat în figura 6.3, în care: 1 sunt doua glisiere paralele fixe; 2 este o glisiera care se poate deplasa dupa directia X (aici timpul) alunecând pe glisierele 1 de la capete; 3 este un suport cu penite (una pâna la 3, eventual 6, penite – care sunt în pozitie verticala) ce se poate deplasa pe directia Y , alunecând pe glisiera 2; 4 este o planseta pe care se fixeaza (de obicei prin forte electrostatice sau pneumatice) coala de hârtie pe care – fiind apasate la comanda semnalelor Y , penitele înregistreaza formele de variatie $Y = f(t)$.

Înregistratorul din figura 6.3 are doua intrari, prin amplificatoarele de masurat A_x si A_y – care comanda miscarea suportului de penite (3) în lungul glisierii (2) si apasarea sau ridicarea penitelor; notatia BCP reprezentând asanumitele “Butoane de Comanda de pe Panou” (adica comanda si pozitionarea

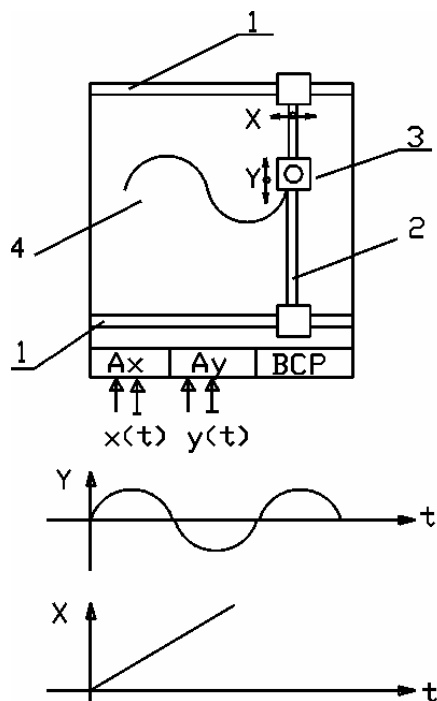


Fig. 6.3

manuala, după Y , t sau X și apăsarea/ridicarea penitelor. În figura 6.3 sunt indicate și două trasee: $Y(t)$ – cazul unui semnal sinusoidal și $X(t)$ – cazul unui semnal rampa.

Deplasările penitelor (după axa Y) se face cu un servomotor de curent continuu, alimentat de la o sursă de precizie după schema unui compensator automat, așa cum se arată în figura 6.4. Deplasarea hârtiei (la înregistratoarele cu bandă) sau a glisierii (2), la cele plane, se face cu un mecanism de ceas (orologiu), deci după axa timpului (t). Funcționarea are loc astfel: poziția penitei este transformată (“tradusă”) într-un semnal electric (o tensiune) cu ajutorul unui potentiometru de precizie (notat cu TR pe schema din figura 6.4, de la numele de “Traductor Rezistor”), ceea ce se realizează cu o transmisie mecanică (un cablu litat) între penita și cursorul TR ; tensiunea furnizată de acest potentiometru

(TR), proporțională cu distanța de la penita la originea mecanică fixată cu ajutorul “Potentiometrului de Zero” (PZ – fig. 6.4), este comparată cu tensiunea de intrare (de bornele $+$ – $-$, unde se aplică semnalul Y de înregistrat, sub forma unei tensiuni electrice), diferența rezultată (pozitivă sau negativă) fiind aplicată – prin intermediul unui amplificator de putere (v. fig. 6.4) – motorului (servomotorului) de curent continuu (M) ce produce mișcarea pe axa Y ; această mișcare a penitei, astfel realizată, va tinde – prin intermediul traductorului rezistor (TR) – să compenseze diferența de potențial până când mișcarea va înceta în momentul în care penita a atins o coordonată proporțională cu tensiunea electrică aplicată la intrarea blocului destinat axei Y . Schema din figura 6.4 reprezintă deci un bloc de automatizare cu buclă de reacție, la care mărimea reglată este deplasarea penitei care urmărește mărimea de intrare, adică tensiunea electrică ce reprezintă semnalele $X(t)$ sau $Y(t)$.

Antrenarea hârtiei la înregistratoarele $Y-t$ cu bandă sau a deplasării glisierii (2) în lungul glisierelor (1) – la înregistratoarele $Y-t$ plane se poate face și cu ajutorul unor minimotoare sincrone prin intermediul unor angrenaje cu roți dintate (la înregistratoarele cu bandă) sau cu cablu din fire răsucite (din oțel inox) învelit în nylon – la înregistratoarele plane. Baza de timp este dată – cel mai adesea – de frecvența rețelei de alimentare (50 Hz sau 60 Hz).

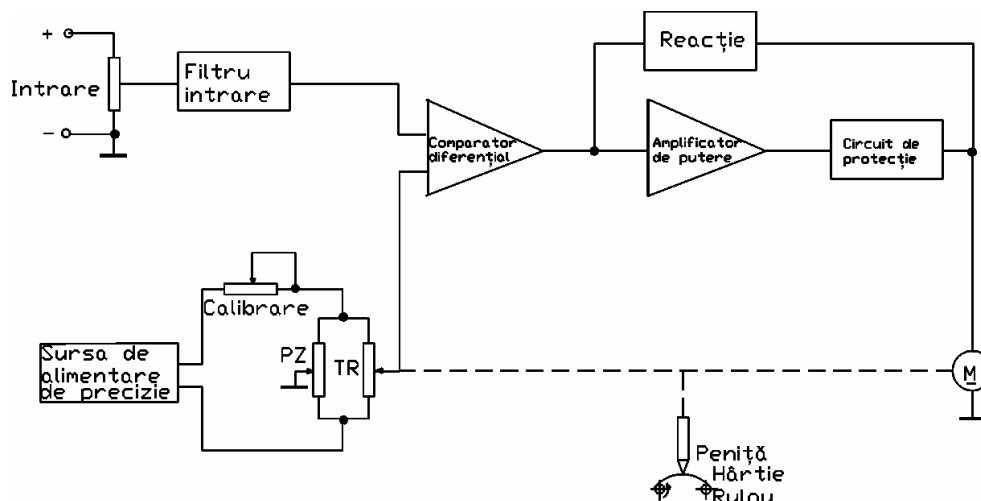


Fig. 6.4

Particularitățile constructive ale înregistratorului $Y-t$ de forma celui din figura 6.4 constau în :

- potențiometrele PT și PZ (v. fig. 6.4) sunt bobinate cu multe spire (pentru a avea o rezoluție $R = R_{spira} = R/n$ cât mai mică, n fiind numărul de spire și R rezistența totală care este de câteva sute de ohmi), au o liniaritate ($\pm 100/I$) ridicată de 0,1, ..., 0,2 % și asigură o rezistență mică și constantă în timp a contactului mobil;

- servomotorul este un motor de curent continuu cu poli permanenți, dar – în multe cazuri (la aparatele care nu cer o precizie prea mare) – el poate fi și un motor de curent alternativ monofazat, cu două bobine auxiliare de pornire (într-un sens sau altul), care – neavând colector – are o fiabilitate mai mare decât motorul de curent continuu. În ambele cazuri rotorul trebuie să aibă o masă mică pentru a nu produce praguri de insensibilitate mari și efecte de histeresis (la schimbarea sensului semnalului Y înregistrat);

- sursa de referință (de alimentare a grupului de potențiometre PZ și PT – v. fig. 6.4) trebuie să fie o sursă de precizie și stabilă (stabilitatea ei în timp îndelungat și în condiții de mediu variabile în limite largi trebuie să fie mai bună decât 0,05 %);

- înregistratoarele cu o singură peniță realizează trasarea pe hârtie în mod continuu, iar cele multicanal – care au mai multe penite (unele cu tus colorat) – realizează o trasare discontinuă (prin puncte).

Indicatorii de performanță ai înregistratoarelor $Y-t$ de forma celui din figura 6.4 sunt:

- precizia în regim static, care este nu mai bună decât 0,05% și depinde de numeroși factori ca: liniaritatea potențiometrelor PT și PZ (v. fig. 6.4), sarcina variabilă pe care o constituie circuitul de reacție, precizia atenuatorului rezistiv de la intrare (de exemplu, potențiometrul $+$ – din figura 6.4), „zona moartă” sau pragul

de insensibilitate (definit prin tensiunea minima capabila sa puna în miscare servomotorul M) care este determinata de frecarile sistemului mobil (compensarea lor, prin cresterea amplificarii buclei de reglaj automat, este limitata de instabilitatea întregului sistem care duce la aparitia unor oscilatii), stabilitatea sursei de referinta (de alimentare a potentiometrelor PZ si PT), influenta factorilor externi (temperatura, umiditate, tensiunea retelei de alimentare s.a.), calitatea hârtiei etc.;

– precizia în regim dinamic, într-o banda de frecvente de 0,1 la 100 Hz, depinde de mai multi factori si anume: viteza de deplasare maxima a penitei v_{max} , caci daca dU_Y/dt depaseste aceasta viteza maxima penita va ramâne în urma aparând aceasta eroare dinamica (se impune ca $U_{Ymax} > v_{max}/2\pi f$, unde U_{Ymax} este valoarea maxima a tensiunii sinusoidale corespunzatoare marimii Y analizate, k – constanta înregistratorului în V/cm si f – frecventa ei, iar $v_{max} = 5$ la 50 cm/s, uneori chiar 150 cm/s); acceleratia de deplasare maxima a penitei (a_{max}), trebuind ca d^2U_{Ymax}/dt^2 sa fie mai mica decât a_{max} sau, mai precis, pentru un semnal Y sinusoidal trebuie ca:

$$U_{Ymax} > a_{max}v_{max}/2\pi f(2\pi f v_{max} + a_{max});$$

t – timpul de întârziere, definit ca timpul necesar pentru ca penita sa parcurga prima parte de 10% din cursa totala atunci când la intrare se aplica un semnal treapta; a – asa-numita supracrestere, definita ca fiind depasirea – în procente – a pozitiei de regim permanent a penitei, atunci când la intrare se aplica un semnal treapta.

Înregistratoare Y-X. Aceste trasoare înregistreaza analogic simultan doua marimi variabile în timp $X(t)$ si $Y(t)$, în coordonate carteziene, astfel încât rezulta o diagrama $Y = f(X)$, caz ce corespunde trasorului din figura 6.3. Miscarea dupa Y este realizata cu ajutorul unui potentiometru cu compensare, ca la înregistratoarele $Y-t$ (asa ca în figura 6.4); pentru obtinerea miscarii dupa X , întregul potentiometru (mai bine zis, suportul 3 si glisiera 2 – v. fig. 6.3) este deplasat pe o directie perpendiculara pe Y (adica în lungul glisierelor 1 din figura 6.3). Înregistratorul $Y-X$ consta, deci, din doua servoînregistratoare cu motoare, amplificatoare si surse de referinta (alimentare) separate, dar cu o singura penita (suport de penita).

Multe înregistratoare $Y-X$ sunt prevazute cu o baza de timp electronica proprie, care permite utilizarea lor si ca înregistratoare $Y-t$, cu diferite perioade de parcurgere a axei X (ca – de exemplu – viteze între 0,1 si 5 cm/s) .

6.2.2.2. Înregistratoare numerice

Înregistratoarele numerice, utilizate pe scara larga în prezent, sunt asociate – ca echipament periferic – unui sistem de calcul automat (unui calculator) si sunt cunoscute sub numele de **plotter** – o simplificare a denumirii complete de “Incremental Digital Plotter”.

În principiu, un înregistrator numeric se poate obtine din unul analogic – ca cel din figura 6.3 – la care se adauga pe canalele de intrare niste convertoare

numeric-analogice, așa cum se arată în figura 6.5, pentru care semnificatia notatiilor utilizate pe desen este următoarea: 1 – glisieră, 2 – bară glisanta, 3 – suport cu penite, A – amplificatoare de intrare, CNA – convertor numeric analogic, BCP – bloc comanda penita (la semnal logic 1 penita este lăsată în jos pentru scriere, iar la comanda logică 0 penita este ridicată). În această figură s-a dat un exemplu de trasare a unui cerc, caz în care semnalele numerice de la intrarea convertoarelor au semnificatia: $X_n = X_0 + R \cos \theta_n$ și $Y_n = Y_0 + R \sin \theta_n$, unde X_0 și Y_0 sunt coordonatele centrului cercului, R este raza lui, iar θ_n – un tren de impulsuri care – în cod numeric binar – reprezintă variabila independentă unghi care ia valori de la 0 la 360° cu o variație discretă $\Delta\theta$ foarte mică).

“Plotter”-ul fiind un echipament periferic de ieșire (grafică) din sistemele de calcul automat, semnalele de la intrare, X_n și Y_n (v. fig. 6.5) sunt semnale discrete (un tren de impulsuri standard care, în cod numeric, reprezintă valorile la un anumit pas DX și DY , astfel ca: $X_n = X_0 + n\Delta X$ și $Y_n = Y_0 + n\Delta Y$, unde X_0 și Y_0 sunt niște valori initiale și $n = 1, 2, \dots$), semnale care sunt furnizate de calculatorul cărui fiș este atașat trasorul. Valorile: X_{n-1} și Y_{n-1} reprezintă coordonatele unui punct curent la care se află penita, iar $X_n = X_{n-1} + \Delta X$ și $Y_n = Y_{n-1} + \Delta Y$ reprezintă coordonatele punctului vecin, adică următorul punct la care se va deplasa penita și îl va marca (desena). Pași ΔX și ΔY sunt, în practică, egali $\Delta X = \Delta Y = s$, adică un mic segment (s) care se numește **increment** și care are o valoare specifică înregistratorului (de 0,1 mm sau 0,05 mm, uneori chiar și 0,025 mm), de unde și denumirea aparatului de “Incremental Digital Plotter”. În acest fel, printr-un sir de comenzi numerice (*digitale*), penita trasează orice fel de traseu printr-o succesiune de pași (incrementi) descrisă de datele numerice furnizate de calculator. Aflându-se într-un punct dat (X_n, Y_n), penita se poate deplasa – conform comenzii primite – în unul din cele 8 puncte vecine (așa cum se arată în figura 6.6), adică: la “stânga” (caz în care $\Delta Y = 0$ și $\Delta X = -s$) la “dreapta” (când $\Delta Y = 0$ și $\Delta X = s$), “sus” ($\Delta Y = s, \Delta X = 0$), “jos” ($\Delta Y = -s, \Delta X = 0$), “stînga-sus” (caz în care $\Delta Y = s, \Delta X = -s$), “stînga-jos” (când $\Delta Y = -s$ și $\Delta X = -s$), “dreapta-jos” ($\Delta Y = -s, \Delta X = s$) și “dreapta-sus” (atunci când $\Delta Y = s$ și $\Delta X = s$).

Clasificări ale „plotter”-elor. Existând mai multe tipuri constructive, cu numeroase variante, și diverse modalități de utilizare, cu diferite caracteristici și indici de performanță, sunt – ca urmare – destule criterii de clasificare a “plotter”-elor:

– după modul de utilizare în raport cu sistemul de calcul, “plotter”-ele sunt: “*plotter on-line*”, adică trasor numeric ce funcționează încadrat direct în structura sistemului de calcul, ca periferic de ieșire grafică ce primește date și programe de lucru direct din memoria operativă a calculatorului la care este aliniat și “*plotter off-line*”, adică un înregistrator numeric care funcționează independent și în afara configurației sistemului de calcul, primind datele de pe un suport magnetic de date (bandă magnetică sau dischetă) aflat într-o unitate de citire atașată „plotter”-ului;

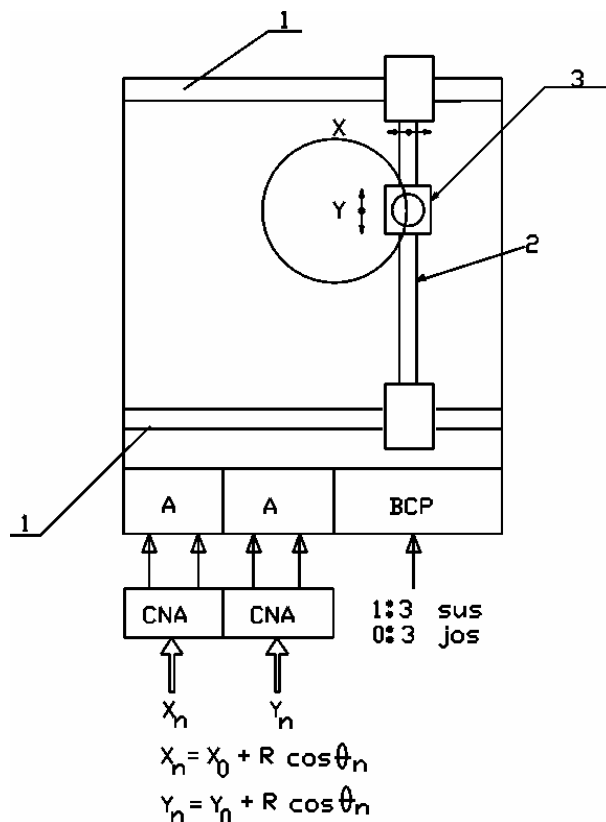


Fig. 6.5

– după modalitatea de realizare a imprimării desenului „plotter”-ele pot fi: cu penita, cu fascicul luminos („fotoplotter”), matriceal, electrostatic, termic și cu jet de cerneala („ink-jet”). „Plotter”-ele cu penita folosesc pentru înscriere un dispozitiv mecanic la care elementul de desen (numit generic penita) are posibilitatea de mișcare pe direcția a două axe ortogonale notate cu X și Y (v. fig. 6.5) prin comanda unor servomecanisme care răspund la semnalele de intrare (codate numeric) prin deplasări (mecanice) proportionale. Organul de desen poate fi: tocul cu pasta, cu mina, cu tus (capete Rotring) etc., iar suportul pentru desen este: hârtia, calcul, folia transparentă etc. Dispozitivele de gravat utilizate în prezent sunt dotate cu mai multe penite (de la cel puțin una la opt) selectabile prin programul de lucru cu „plotter”-ul, fiecare având câte o altă culoare sau grosime a scrisului. „Fotoplotter”-ele utilizează, ca suport pentru desen, un film fotografic (în loc de hârtie) și ca organ de înscriere un cap optic (în loc de penita), în rest fiind identic cu „plotter”-ul cu penita. Capul optic produce un fascicul de lumină (o „rază”) a cărei intensitate luminoasă este modulată în acord cu deplasarea capului optic deasupra filmului, astfel ca – după dezvoltare – filmul este purtătorul desenului transmis de calculator. Impresionarea fotopeliculei poate avea loc într-o încălț

obscura sau – în ultimul timp – chiar la lumina zilei (în acest ultim caz se folosește un film sensibil la o lungime de unda situată în afara spectrului vizibil și – evident – o sursă de radiații adecvată). „*Plotter*”-ele matriceale, inspirându-se din tehnologia folosită pentru imprimările (mașinile de scris) matriceale, folosesc o descompunere a desenului în puncte elementare situate pe o grilă patratică. Pentru înscrieri se utilizează un cap cu ace care poate, pentru fiecare poziție a sa, să imprime punctele de pe traseul de desenat aflate în coincidență cu punctele elementare ale grilei patratică (ale acelor). Calitatea desenului rezultat depinde de mărimea pasului grilei, dar – oricum ea este mai slabă decât calitatea desenului realizat de „plotter”-ele cu penită. „*Plotter*”-ele electrostatice se bazează pe descompunerea desenului în puncte elementare ca și cele matriceale, numai că imprimarea se face pe cale electrostatică, printr-o depunere electrostatică a substanței de contrast numai în punctele de coincidență ale desenului cu grila matriceală. Ele sunt mai sigure în funcționare și mult mai rapide (deoarece deplasarea mecanismului se face numai după o singură axă). „*Plotter*”-ele termice sunt tot de tip matriceal, cu deosebirea că folosesc un cap de imprimare termic și o hârtie specială termorezistivă. „*Plotter*”-ele cu jet de cerneală sunt și ele tot matriceale, fiecare punct al grilei care trebuie imprimat fiind înscris prin ejectarea unei minuscule picături de cerneală printr-un tub capilar, sub acțiunea unor câmpuri electrostatice care comanda deflexia pe cele două axe (v. fig. 6.13) ;

– după mărimea suprafeței utile a desenului pe care îl poate realiza (mărimea suportului – de exemplu a hârtiei – pe care se face imprimarea) „plotter”-ele se clasifică în: „*plotter*”-e mici (cu o suprafață a desenului echivalentă formatului A4, cel mult A3), „*plotter*”-e medii (care desenează pe hârtie cu formatul până la A2 sau A1), „*plotter*”-e mari (cu format până la A0 inclusiv) și „*plotter*”-e foarte mari (care sunt plane și cu o suprafață a mesei de desenat de la doi la zece formate A0);

– după modul de fixare și poziționare a hârtiei și felul de realizare a deplasării pe axa X , „plotter”-ele sunt de două tipuri: plane și cu tambur (cilindrice). „*Plotter*”-ul plan este ca cel din figura 6.5, adică are o suprafață de desen orizontală, plană și fixă, penită fiind cea care se deplasează, executând ambele mișcări (după cele două axe X și Y). Deplasarea penitei (de fapt a suportului penitelor, 3 pe fig. 6.5) se face pe o bară glisantă (2 pe fig. 6.5, care reprezintă deci axa Y), iar bara se plimbă pe o pereche de alte glisieri (notate cu 1 în fig. 6.5) care sunt, deci, axa X . Fixarea hârtiei pe placa de desen (pe planseta-masă) se realizează fie electrostatic (caz în care placa de desen este străbatută – pe suprafața sa – de fire conductoare paralele între care se stabilește o diferență de potențial electric, ceea ce conduce la exercitarea unor forțe electrostatice de atracție – aderare la placa a hârtiei), fie prin vacuum (caz în care placa de fixare a hârtiei are o rețea plină de orificii prin care se aspiră aerul, ceea ce face ca hârtia să fie ținută fix pe placa mesei). La „plotter”-ul plan hârtia are forma unor coli dreptunghiulare de format standard (A4, A3, A2, A1, A0, $kA0$ unde k este un coeficient supraunitar – evident nu prea mare $k < 6, \dots, 10$) . „*Plotter*”-ele cu tambur au hârtia, pe care se face imprimarea, sub forma unor suluri (role) continue așezate pe un tambur cilindric

orizontal deasupra caruia, dupa directia generatoarei, se deplaseaza penita (prin glisare pe o bara paralela cu tamburul), realizându-se astfel axa Y . În acelasi timp hârtia de pe tambur este derulata continuu (antrenarea hârtiei se face prin fricțiune cu niste role, sau, mai vechi, niste roti cu pinteni – stifturi care intra în orificiile decupate pe marginea hârtiei), realizându-se astfel axa X . Deci, penita se misca dupa o singura axa (Y), cealalta miscare (dupa axa X sau t -timp) realizându-se prin avansul longitudinal al hârtiei, care se deruleaza de pe tamburul de fixare si se ruleaza pe un al doilea tambur paralel cu primul.

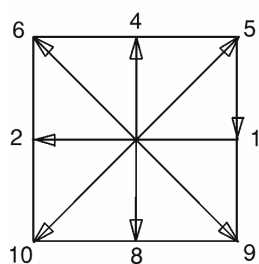
Sistemul de programare propriu al „plotter”-elor. În prezent „plotter”-ele sunt – în fapt – veritabile *automate de desenat*; o astfel de masina de desenat este un dispozitiv automat ce transforma cu o mare viteza si precizie datele numerice (care provin de la un calculator) în grafice si desene. Pentru a se face aceasta „transformare” date numerice $\rightarrow$ grafice, deplasarea penitei (iar la „plotter”-ele cu tambur si a hârtiei) se realizeaza cu ajutorul unor motoare cu comanda numerica, asa cum sunt motoarele electrice pas cu pas (v. fig. 6.9,a) ale caror bobine statorice sunt alimentate cu un tren de pulsuri electrice, de tensiune. Un puls de tensiune transmis unui motor pas cu pas provoaca o deplasare cu o valoare de baza constanta, denumita în general *pas* sau *increment*. Pasul corespunde celei mai mici distante de deplasare pe care operatorul o poate stabili de la panoul de comanda a „plotter”-ului. Acest pas de baza sau increment este, în mod obisnuit, de 0,1 mm sau 0,05 mm (uneori si 0,025 mm). În aceasta situatie, orice traseu sau figura elementara (dreapta, cerc, elipsa, curba, caractere alfanumerice etc.) se realizeaza printr-o succesiune de pasi trasati de penita prin comenzile transmise (comenzi elementare) în functie de datele numerice de intrare.

O parte din aceste programe sunt asigurate de catre “plotter”-ul însusi, sub forma unor functii grafice pe care “plotter”-ul le realizeaza singur, eliberând astfel calculatorul la care este legat (aliniat) de rezolvarea unor probleme de amanunt (de rutina). Majoritatea “plotter”-elor au, deci, un sistem propriu de programare, asa cum se arata în schema din figura 6.6, prin care – în afara degrevării calculatorului – se obtine si o economisire a timpului. Programele proprii ale „plotter”-elor sunt, în general, urmatoarele (v. fig. 6.6): “*Driver software*” care este programul de pilotare (coordonare) a activitatii de desenare automata, *subrutine grafice de baza* care asigura desenarea functiilor grafice elementare (dreapta, cerc, patrulater, elipsa, caractere alfanumerice etc.), *subrutine grafice functionale* prin care se asambleaza comenzile necesare realizarii unui desen (grafic) programat cu subrutinele grafice de baza si *programul de aplicatie* care contine toate comenzile necesare realizarii unui desen (grafic) anume dorit de utilizator. Pentru realizarea programului de aplicatie, “plotter”-ul este dotat cu un microprocesor specializat (pe figura 6.6 indicat prin dreptunghiurile „PLOTTER” si Interfata „hardware”) care emite câteva comenzi (ordine proprii) pentru asa-zisa *generare de vectori*, programul de aplicatie continând multimea tuturor comenzilor pentru trasarea vectorilor generati ce reprezinta întreg desenul dorit sa fie trasat. Generarea vectorilor se obtine cu

ajutorul unui asa-numit *interpolator liniar încorporat* (aflat în partiția “subrutine grafice functionale” – v. fig. 6.6).

Interpolatorul liniar încorporat calculează coordonatele pozițiilor succesive ale penitei pentru unirea printr-un segment de dreaptă a doua puncte ale caror perechi de coordonate x și y sunt date (în funcție de graficul care se cere a fi desenat). La “plotter”-ul digital, la care ne referim, penita poate ocupa numai poziții discrete situate în nodurile unei rețele patratice imaginare suprapusă peste hârtia (suportul) de desen. Astfel, din fiecare punct al acestei rețele, în care s-a oprit, penita se poate deplasa cu un pas (increment) în 8 puncte vecine posibile, așa cum se arată în figura 6.7. Aceste puncte vecine, posibile a fi înregistrate după realizarea pasului ce va urma, sunt indicate fie prin ordine (comenzi) elementare de deplasare pe o singură axă: $+X, -X, +Y, -Y$ (cazuri în care penita se deplasează numai după orizontală sau numai după verticală, la stânga sau la dreapta și în sus sau în jos), fie prin combinarea acestor ordine elementare: $+X$ cu $+Y$, $+X$ cu $-Y$, $-X$ cu $+Y$, $-X$ cu $-Y$ (cazuri în care penita se deplasează pe diagonale, adică pe direcții care fac 45° sau

135° cu orizontală). În figura 6.7 sunt arătate cele opt deplasări incrementabile elementare, posibile, ale penitei și un tabel cu setul minim de comenzi (ordine) pentru controlul unui “plotter”. Combinând și repetând de oricâte ori acest set de comenzi elementare, ce include și ridicarea sau coborârea penitei, se poate trasa orice desen, oricât de complicat ar fi el, însă prin niste algoritmi corespunzători.



Comanda	Poziția penitei	
	Cod zecimal	Cod binar
$+X$	1	0001
$-X$	2	0010
Penița sus	3	0011
$+Y$	4	0100
$+X, +Y$	5	0101
$-X, +Y$	6	0110
Penița jos	7	0111
$-Y$	8	1000
$+X, -Y$	9	1001
$-X, -Y$	10	1010

Fig. 6.7

Asa de exemplu, algoritmul de trasare al unei drepte cu panta oarecare (ce nu coincide cu 45° sau 135° fata de orizontală), între două puncte (A, B) este reprezentat în schema din figura 6.8, a care arată organigrama de funcționare

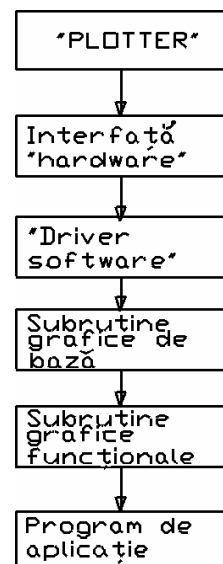


Fig. 6.6

a interpolatorului liniar. Linia rezultata, cea din figura 6.8,b – traseul îngrosat, este linia desenata de “plotter”, care aproximeaza optim dreapta ceruta (original). Aproximarea este optima în sensul minimizarii distantei globale între dreapta ceruta (original, care nu trece numai prin punctele situate pe nodurile rețelei) si linia trasata efectiv (care este formata numai din vectorii elementari, de pe cele 8 directii posibile). În figura 6.8,b sunt indicate si alte doua posibilitati de trasare numai pe laturile rețelei, prin vectorii elementari, însa – dupa cum se vede – ele nu aproximeaza în mod optimal dreapta AB ceruta a fi reprezentata.

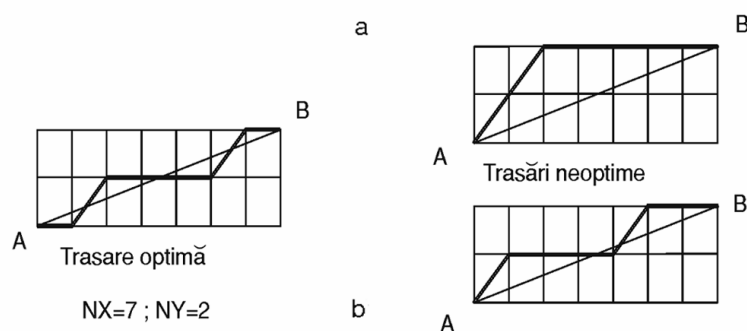
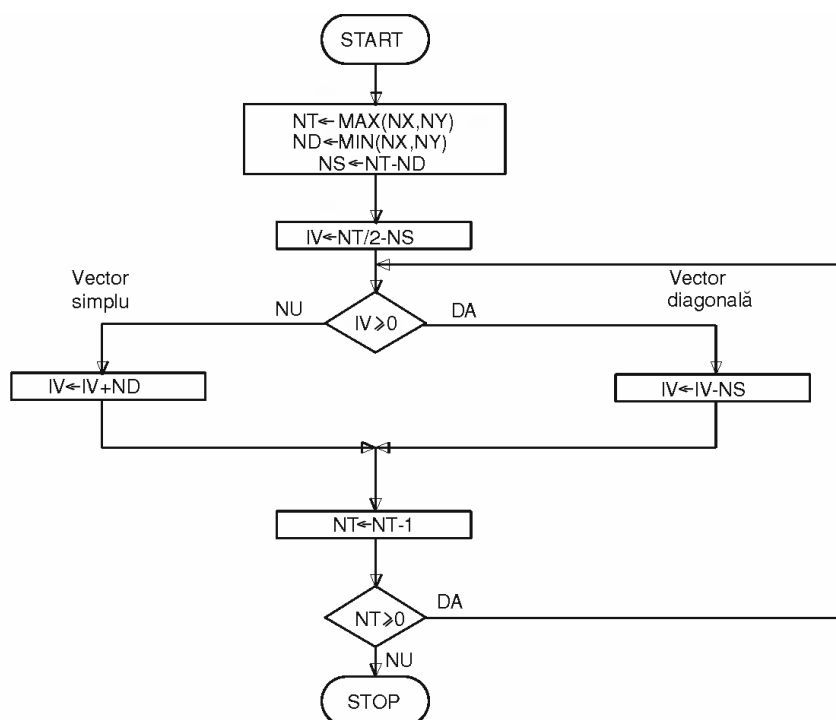


Fig. 6.8

Notatiile folosite în schema de calcul din figura 6.8,a sunt: NX - numarul de pasi existenti pe axa X între punctele A si B date, NY - numarul de pasi dintre A si

B pe axa Y , NT - numarul total de pasi care trebuie efectuati, ND - numarul de vectori diagonala de trasat, NS - numarul de vectori simpli (paraleli cu o axa, X sau Y) ce urmeaza a fi trasati si IV - o variabila de calcul care permite alegerea variantei de trasare (între un vector simplu si un vector diagonala).

Pentru exemplul din figura 6.8,b, organigrama din figura 6.8,a duce la urmatoarea succesiune de trasari a vectorilor elementari ce va constitui linia desenata între punctele A si B (traseul optim care va aproxima dreapta AB):

-valori initiale: $NX = 7, NY = 2$;

-primele valori calculate : $NT = 7, ND = 2$ si $NS = 5$;

-valori succesive calculate si vectorul trasat:

$NT = 7$ $IV = NT / 2 - ND = \text{întreg } (7/2) - 5 = 3 - 5 = -2 \rightarrow$ vector simplu (orizontal dreapta),

$NT = 6$ $IV = 0 \rightarrow$ vector diagonala (ascendent dreapta),

$NT = 5$ $IV = -5 \rightarrow$ vector simplu,

$NT = 4$ $IV = -3 \rightarrow$ vector simplu,

$NT = 3$ $IV = -1 \rightarrow$ vector simplu,

$NT = 2$ $IV = +1 \rightarrow$ vector diagonala,

$NT = 1$ $IV = -4 \rightarrow$ vector simplu,

$NT = 0$ STOP $\rightarrow$ terminarea algoritmului.

Sensul de trasare a unui vector (simplu sau diagonala) rezulta din sensul dat de linia original $A \rightarrow B$, care - în cazul exemplului din figura 6.8,b - fiind pozitiv (si pe axa X si pe axa Y) face ca toti vectorii elementari sa aiba sensul +, adica: + X si + Y).

Proprietatile geometrice ale “plotter”-elor. Principalele caracteristici de performanta geometrica ale înregistratoarelor numerice se definesc prin urmasorii termeni:

- *rezolutia*, ce caracterizeaza precizia desenului si reprezinta numarul de puncte care pot fi identificate separat si adresate pe o directie elementara. Ea este o masura directa a calitatii desenului ce poate fi realizat de “plotter” si se exprima fie ca numar de puncte pe unitatea de lungime (de exemplu: 50 puncte/mm), fie ca lungime a pasului elementar, deci ca increment (pentru exemplul dat anterior: 0,02 mm);

- *repetabilitatea*, care este proprietatea unui “plotter” de a identifica un acelasi punct de pe suprafata de desenat utila, prin comanda sa cu aceleasi coordonate. Ea se exprima ca o abatere între pozitii succesive masurate în unitati de lungime (în cazul ideal abaterea este zero, adica prin aceeasi comanda, oricât de mult repetata, penita se duce în acelasi punct al desenului);

- *neliniaritatea*, ce reprezinta abaterea care rezulta între dreapta ideala si dreapta reala (desenata). Se exprima prin numarul de puncte succesive care nu sunt pe dreapta comandata (de exemplu, pentru dreapta din figura 6.8,b - traseul optim are neliniaritatea 1, iar cele neoptime au neliniaritatea 3, cel de jos, si 6 cel de deasupra);

– *precizie relativa*, care se refera la abaterea între dimensiunea maxima a suprafetei active – de desenat, masurata în coordonate proprii, si valoarea exacta, masurata cu instrumente de precizie;

– *adresabilitatea*, ce exprima modalitatea de programare a coordonatelor punctelor (sau incrementul programat). În general, ea este mai fina decât rezolutia, fiind – în fapt – un parametru prin care se asigura compatibilitatea între diversele “plotter”-e (produse de firme constructoare diferite – dar din aceeasi familie, sau cu rezolutii diferite).

Principiul de functionare al “plotter”-ului. El difera în functie de modalitatea de imprimare (cu penita, cu matrice etc.), de partea aflata în miscare (numai penita la înregistratoarele plane, sau si penita si hârtia la cele cu tambur), de firma producatoare etc.

La “plotter”-ele plane cu penita, la care marimile de intrare (X_n si Y_n – v. fig. 6.5) sunt sub forma unui set de coordonate exprimate direct numeric (în cod binar), elementul de realizare al miscarii este un motor electric pas cu pas, al carui principiu de functionare este ilustrat în figura 6.9,a). De aici rezulta ca fiecare rotatie completa a axului motorului este divizata într-un numar fixat de pasi de lungime egala (în cazul figurii 6.9,a) – 8 pasi, în practica cel puțin 32 de pasi pentru o rotatie, un pas fiind deci de $11,25^\circ$). Printr-un mecanism de transmisie, de cele mai multe ori format dintr-un cablu din fire rasucite (din otel inox) învelit în nylon si din role de plastic (ca cel aratat în figura 6.9,b), miscarea circulara incrementală a axului motorului devine o miscare liniara (tot incrementală), precizia pozitionarii penitei fiind determinata de raportul de transmisie ales. În acest fel, fata de trasorul analogic (v. fig. 6.4), se exclude bucla de reactie (lenta si dificil de aplicat la suprafetele de desenat mari, din cauza instabilitatii) si se câștiga în simplitate si precizie, asigurându-se, totodata, posibilitatea comenzii printr-un calculator. Astfel, comanda motoarelor pas cu pas se face cu semnale numerice (un tren de impulsuri de tensiune de nivel standard) care – în mod binar – comanda (“ON”) o bobina satorica sau o deconecteaza (“OFF” – la semnal zero) în asa fel ca rotorul (“atras” de bobinele satorului) se rotește într-un sens sau altul, cu câte un pas la fiecare comanda (v. fig. 6.9,a). Un exemplu de schema de principiu (bloc) pentru comanda “plotter”-elor echipate cu motoare pas cu pas este aratat în figura 6.9,c), unde *HP-IB* reprezinta memoria de intrare (tampon) a “plotter”-ului si semnalele primite (sau redate) calculatorului la care este aliniat.

La “plotter”-ele cu tambur comanda se face în acelasi fel ca în figura 6.9, numai ca “motorul *Y*” determina deplasarea suportului penitei pe glisiera paralela cu tamburul, iar “motorul *X*” actioneaza rola de hârtie de pe tambur, pe care-l rotește într-un sens sau altul.

Exista si multe alte moduri de actionare, ca – de exemplu – la “plotter”-ele foarte mari, la care actionarea se face cu motoare de curent continuu comandate în bucla închisa locala, prin disc codor optic si numarator de pulsuri, sistem care se dovedeste a fi cel mai rapid.

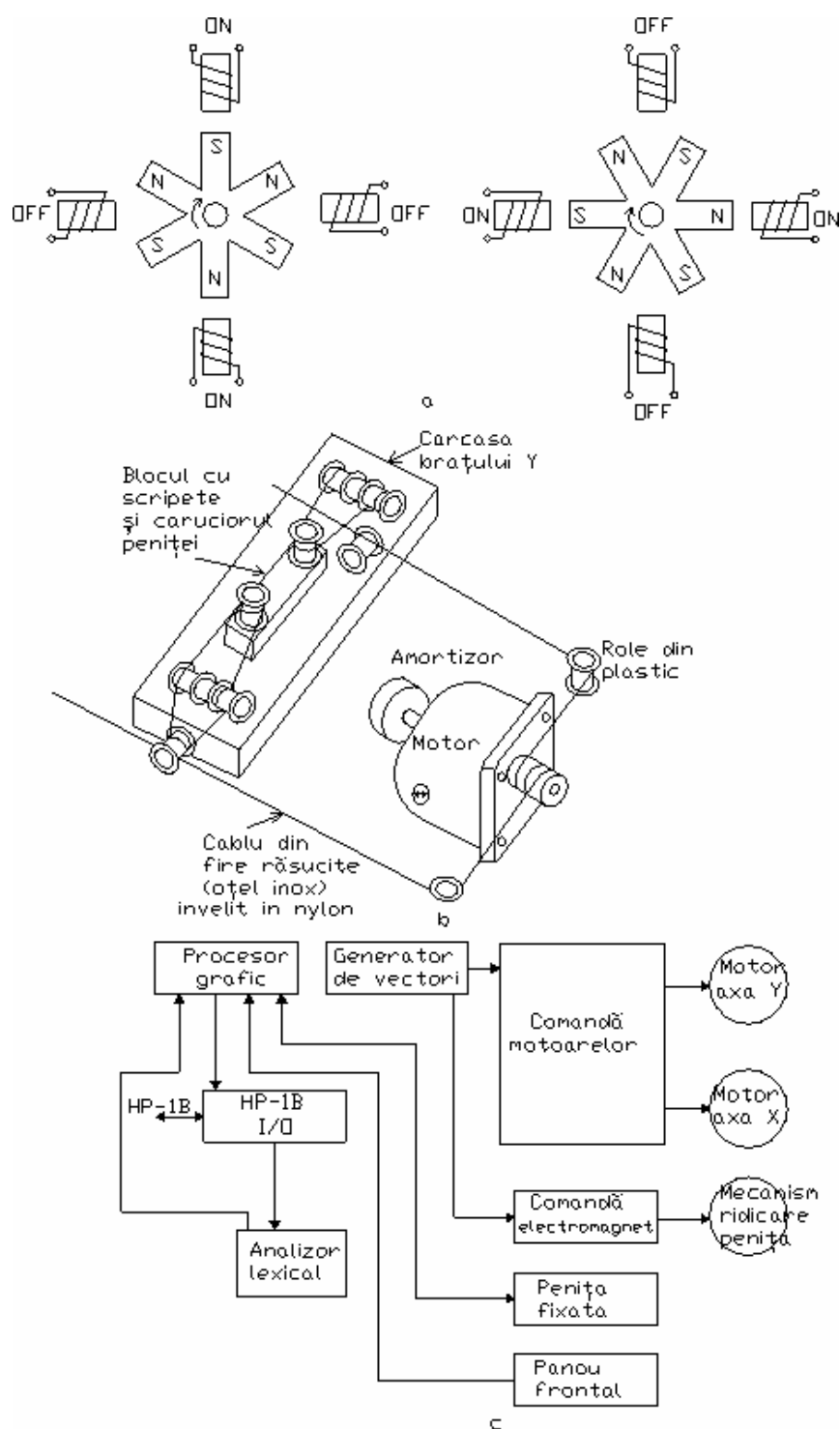


Fig. 6.9

La “plotter”-ele matriceale – cele mai ieftine trasoare digitale existente în prezent – principiul de functionare este determinat de cele doua tipuri constructive folosite: cu ciocanele dispuse pe verticala sau cu ciocanele asezate pe orizontala, ambele formând un cap matriceal de imprimare.

Ciocanele asezate pe “verticala”, în numar de 7 dispuse pe directia de miscare a hârtiei – asa ca în figura 6.10 – formeaza capul matriceal de imprimare (scriere) care – pentru trasare – este mobil, deplasându-se de la stânga la dreapta (si invers, de la dreapta la stânga) si trasând astfel 7 rânduri orizontale de puncte de fiecare data (la fiecare deplasare). Hârtia se misca si ea perpendicular pe directia de deplasare a capului, astfel ca, la cele mai bune tipuri constructive, se realizeaza un pas (increment) de 0,42 mm, ceea ce înseamna circa 60 puncte/inch, pe fiecare directie.

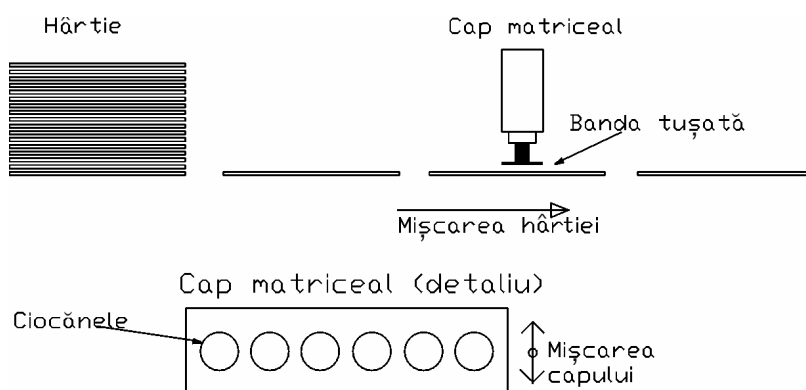


Fig. 6.10

Ciocanele dispuse pe “orizontala”, adica perpendicular pe directia de miscare a hârtiei, sunt montate într-un cap de imprimare (scriere), care este fix, aranjate pe toata lungimea rândului (orizantal). Avansul hârtiei fiind vertical (mai precis: perpendicular pe directia sirului orizantal de ciocanele), cu pasi incrementali (elementari), secventa operatiilor de trasare (fig. 6.11) este: se scrie un rând, avans la rândul urmator etc.

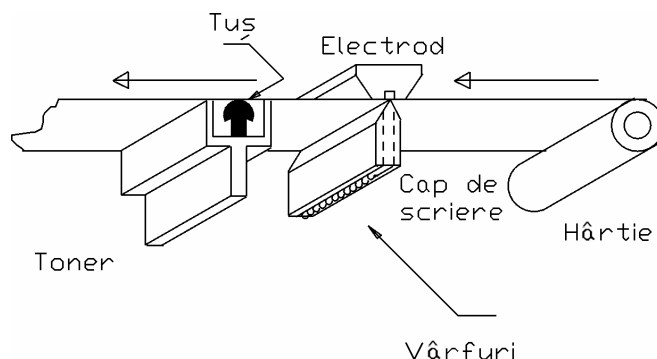


Fig. 6.11

Se poate realiza, cu acest tip de cap matriceal, un increment de 0,25 mm pe fiecare directie (cca. 100 puncte/inch). Cu acest tip de dispunere a ciocanelor se obtine o rezolutie mai buna (densitate mai mare de puncte imprimate), viteza de trasare mai mare, micșorarea numarului de piese în miscare (capul este fix) – deci simplitate, toate compensând costul mai mare al capului de imprimare.

Desenele în culori se realizeaza:

- cu capete matriceale de scriere si banda tusata cu trei culori primare (rosu, verde si albastru) dispuse fiecare pe o treime din latimea benzii (“ribbon”). Prin mai multe treceri succesive (trei treceri, câte una pentru fiecare culoare) se pot obtine grafice color;

- cu mai multe penite cu tus de culori diferite (cel mult 8 penite), care sunt comandate (ridicate sau apasate) potrivit culorii cerute;

- cu jet de cerneala (v. fig. 6.13) cu un cartus cu “toner” negru (pentru scrierea-desenarea alb-negru) si un al doilea cartus cu trei rezervoare de tus de culoare diferita (rosu, verde, albastru) al carui jet combinat da culoarea dorita.

“Plotter”-ul *electrostatic* functioneaza pe baza principiului redat schematic în figura 6.11, fara impact mecanic: hârtia defileaza prin fata unui cap de scriere format dintr-un sir foarte dens de vârfuri de scriere pe care se aplica o tensiune electrica individual (pe fiecare vârf), programabila. În acest fel hârtia (se foloseste o hârtie speciala, dielectrica, zisa electrografica) se electrizeaza (se încarca electrostatic – capacitiv) prin miscare în lungul ei, în toate punctele din dreptul vârfurilor (foarte dense) ale capului de scriere; după ce trece de capul de scriere (unde s-a electrizat punctual, pe rânduri orizontale, transversale pe directia de deplasare), hârtia ajunge în dreptul asa-numitului “toner” (un “nuantator” de tente gri), adica un cap cu tus lichid în dreptul caruia fiecare punct al hârtiei va atrage o cantitate de tus ce depinde de încarcarea lui electrostatica. Precizia desenului depinde de calitatea hârtiei, de ventilatorul si pompa de “toner” si – mai ales – de definitia capului de scriere (100 la 200 de vârfuri/inch, deci un increment de 0,254 la 0,127 mm).

“Plotter”-ul *termic* este, în principiu, asemanator celui matriceal sau electrostatic, deoarece foloseste tot un cap de scriere matriceal, însa activat termic si o hârtie termorezistiva speciala, asa ca în figura 6.12. În timp ce hârtia trece prin fata capului termic, acesta este comandat (activat) în mod corespunzator pentru a produce sensibilitatea acelor puncte (microcapsule) din planul mediului de desen, care vor constitui – în ansamblul lor – imaginea ce trebuie obtinuta.

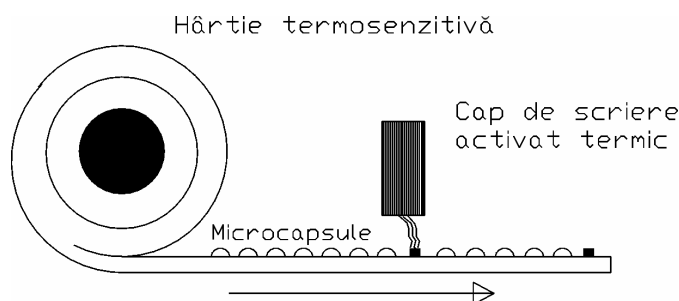


Fig. 6.12

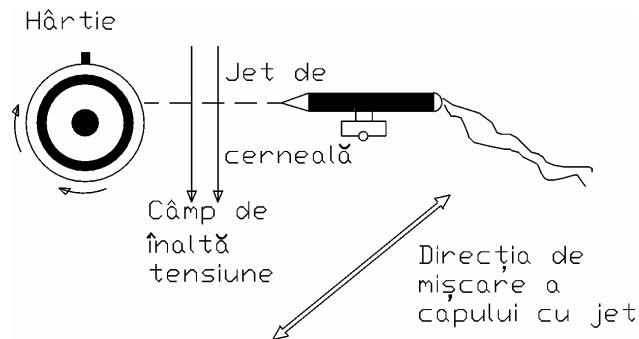


Fig. 6.13

“Plotter”-ul cu *jet de cerneala*, al carui principiu funcțional-constructiv este redat schematic în figura 6.13, realizează desenul tot prin puncte formate din minuscule pete de cerneala obținute printr-un jet de cerneala ejectat printr-un vârf de scriere dotat cu un tub capilar. Capul se deplasează de-a lungul tamburului cu hârtie (pe direcția generatoarei), iar “tintirea” punctului dorit de pe hârtie se realizează printr-un câmp electric de înaltă tensiune care produce o deflexie (deplasare) a jetului de cerneala, prin forțe electrostatice.